

Helsinki 30.7.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

BEST AVAILABLE COPY



Hakija
Applicant

Esju Oy
Oulu

Patenttihakemus nro
Patent application no

20030934

Tekemispäivä
Filing date

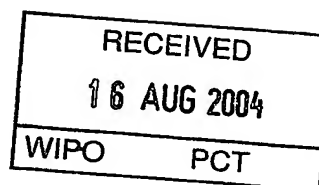
24.06.2003

Kansainvälinen luokka
International class

H03C

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Amplitudisäädin"



Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
ACCORDANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Pirjo Kana
Pirjo Kana
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500
FIN-00101 Helsinki, FINLAND Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

Amplitudisäädin

Ala

Keksintö liittyy menetelmään ja laitteistoon radiotaajuisen signaalin amplitudin muuttamiseksi.

5 Tausta

Radiotaajuisen signaalin amplitudi- ja vaihesäätimiä tarvitaan RF-laitteissa muun muassa signaalien summauskytkennöissä, säädettävissä antenneissa ja modulaattoreissa. Eräs tunnetun tekniikan mukainen ratkaisu on kuvattu patenttjulkaisussa US 5,392,009.

10 Julkaisussa amplitudisäätimet on toteutettu 90 asteen jakajalla ja PIN-diodeilla. Kun diodien impedanssit on säädetty 50Ω :ksi, menee kaikki tuloteho diodeille, mikä vastaa IQ-koordinaatiston keskipistettä. Kun impedanssia aletaan kasvattaa ylöspäin 50Ω :sta alkaa osa tehosta mennä amplitudisäätimen läpi ja impedanssin kasvaessa äärettömäksi kaikki teho menee
15 amplitudisäätimen ulostuloon, jolloin IQ-koordinaatistossa ollaan ympyrän oikeassa reunassa. Mikäli diodien impedanssia pienennetään 50Ω :sta, alkaa osa tehosta mennä amplitudisäätimen läpi vastakkaisvaiheisena tulosignaaliin verrattuna, mikä vastaa signaalivektorin kasvamista I-akselin negatiivisella puoliskolla. IQ-ympyrän vasen reuna saavutetaan diodi-impedanssilla 0Ω .

20 Tunnetun tekniikan mukaisessa ratkaisussa haittana on se, että vastuksina käytettävien diodien mahdolliset poikkeamat ominaisresistanssista siirtävät IQ-koordinaatiston keskipistettä. Pienet poikkeamat ovat yleisiä johtuen muun muassa diodiresistanssin muuttumisesta lämpötilan funktiona tai diodien valmistuserissä olevista eroavaisuuksista. Viitejulkaisun mukainen ratkaisu on herkkä vastuksien resistanssin poikkeamille, koska säätö on riippuvainen vastuksien absoluuttiarvoista, jolloin vastuksista johtuvat virheet siirtyvät suoraan säätövirheiksi.

Lyhyt selostus

30 Keksinnön tavoitteena on esittää parannettu menetelmä ja laitteisto amplitudin säätämiseksi vektorisäätimessä. Tämä saavutetaan menetelmällä radiotaajuisen signaalin amplitudin säätämiseksi. Menetelmässä jaetaan amplitudin säätöön otettava sisääntulosignaali yhteen tai useampaan signaalipariin, joista signaalipareista kukin käsittää kaksi amplitudiltaan yhtäsuurta osasignaalia, muodostetaan kunkin signaaliparin osasignaalien välille vastakkaisvai-

heen suuruinen vaihe-ero, säädetään kunkin signaaliparin osasignaalien amplitudeja käyttäen säätöä ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suuruutta, ja summataan amplitudiltaan säädetyt osasignaalit ulostulosignaaliksi.

5 Keksinnön kohteena on myös menetelmä radiotaajuisen signaalin amplitudin säätämiseksi. Menetelmässä jaetaan amplitudin säätöön otettava sisääntulosignaali yhteen tai useampaan signaalipariin, ja jaetaan signaaliparin sisääntulosignaali painotetusti kahteen osasignaaliin, muodostetaan kunkin signaaliparin osasignaalien välille vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero,
10 säädetään kunkin signaaliparin osasignaalien amplitudeja käyttäen säätöä ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suuruutta, ja summataan amplitudiltaan säädetyt osasignaalit ulostulosignaaliksi.

 Keksinnön kohteena on myös amplitudisäädin radiotaajuisen signaalin amplitudin säätämiseksi. Amplitudisäädin käsittää välineet jakaa amplitudisäädön sisääntulosignaali yhteen tai useampaan signaalipariin, joista signaalipareista kukin käsittää kaksi osasignaalia, välineet muodostaa kunkin signaaliparin osasignaalien välille vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero, välineet säätää kunkin signaaliparin osasignaalien amplitudeja käyttäen säätöä ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suuruutta, ja välineet
15 summata vastakkaisvaiheiset ja amplitudiltaan säädetyt osasignaalit ulostulosignaaliksi.

 Keksinnön mukainen menetelmä liittyy amplitudin säätämiseen vektorisäätimessä. Amplitudilla tarkoitetaan keksinnön selostuksen yhteydessä IQ-koordinaatiston I- ja/tai Q-akselin suuntaisen signaalivektorin pituuden säätämistä. Tällöin siis amplitudiarvon vaihtaessa etumerkkiä positiivisen ja negatiivisen välillä, myös vaihekulma muuttuu 180 astetta eli keksinnön selostuksen yhteydessä amplitudisäädöllä voidaan kyseisessä erikoistapauksessa myös
25 säätää vaihetta.

 Keksinnön mukaisessa ratkaisussa sisääntulosignaali-teho, kuten
30 esimerkiksi I-signaalikomponentin teho, jaetaan yhteen tai useampaan osasignaali-pariin. Kukin osasignaali-pari käsittää kaksi osasignaalia, joille muodostetaan vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero ja vastakkaisvaiheisille osasignaaleille suoritetaan amplitudin säätöä. Osasignaalien amplitudeja säädetään siten, että säätämisessä käytetään ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suuruutta. Eräässä suoritusmuodossa amplitudien keskinäistä
35 suuruutta säädetään säätämällä osasignaalien amplitudien keskinäistä suhdet-

ta. Keskinäistä suuruutta voidaan myös säätää esimerkiksi ohjaamalla osasignaalien amplitudeja yhtäsuurilla vastakkaisilla ohjauksilla. Osasignaalien amplitudeja säädetään säätövälineillä, kuten esimerkiksi säätövastuksilla. Säätövälineiden ja niin muodo in amplitudien säätäminen voidaan tehdä esimerkiksi siten, että amplitudeja säädetään käänteisesti eli vastakkaissuuntaisesti toisiinsa nähden. Tällä tarkoitetaan sitä, että ensimmäisen säätövälineen, kuten esimerkiksi säätövastuksen, vastuksen kasvaessa toisen säätövastuksen vastus pienenee. Vastuksia voidaan ohjata esimerkiksi siten, että vastusten geometrinen keskiarvo pysyy vakiona. Amplitudeja säädetään eräässä suoritusmuodossa toisiinsa nähden erillisillä ohjauksilla. Amplitudiltaan säädetyt osasignaalit summataan summasignaaliksi, jolle voidaan suurella tarkkuudella saada haluttu amplitudi.

Keksinnön mukaisessa ja menetelmän toteuttavassa laiteratkaisussa voidaan käyttää osasignaalien muodostamisessa tehonjakajana esimerkiksi Wilkinson-tehonjakajaa. Tehonjako ja samalla myös vastakkainen vaihe-ero osasignaaleille toteutetaan eräässä suoritusmuodossa muuntajarakenteen avulla. Vaihe-ero voidaan toteuttaa myös erilaisilla siirtojohto- tai vahvistinratkaisuilla.

Keksinnön toteuttavassa laiteratkaisussa osasignaalien amplitudien säätäminen voidaan toteuttaa esimerkiksi säädettävillä vastuksilla, joiden resistanssien suhdetta säädetään halutusti, kuten esimerkiksi toisiinsa nähden käänteisesti alkuarvoihin nähden. Eräässä suoritusmuodossa säädettävät vastukset on toteutettu kaksikkodiodirakenteena, jolloin samassa diodikotelossa on kaksi diodia, joista kumpikin on tarkoitettu signaaliparin yhden osasignaalin säätämiseksi. Tällä saavutetaan se etu, että johtuen samanlaisista valmistusolosuhteista ja käyttöolosuhteista diodien resistanssipoikkeamat ovat minimissään. Säätövastuksien resistanssien geometrinen keskiarvo voi olla vakio, esimerkiksi 50 tai 100 Ω .

Osasignaalien summaus toteutetaan yksinkertaisimmillaan siten, että osasignaalihaarat yhdistetään, jolloin osasignaalit summautuvat keskenään. Summausvälineenä voidaan käyttää myös erillistä summainta.

Keksinnön mukaista amplitudisäädintä voidaan käyttää esimerkiksi vektorimodulaattorissa, joka soveltuu esimerkiksi eri vahvistinhaarojen amplitudi- ja/tai vaihehallinnan toteuttamiseksi tehovahvistimien summauksessa. Keksinnön mukaista amplitudisäädintä voidaan myös käyttää esimerkiksi sähköisesti ohjattavassa antennissa, johon kuuluu kaksi samassa antennissa ole-

vaa elementtiä. Elementeille menevien signaalien amplitudia ja vaihetta säätämällä voidaan muuttaa ilmassa summautuvan signaalin suuntakuviota, jolloin esimerkiksi pääkeilaa voidaan suunnata toisen vahvistimen vektorisäädintä säätämällä. Edellä esitetyt esimerkit amplitudisäätimen käyttökohteista on tuo-

5 tu esille vain havainnollistamismielessä, eikä keksintö ole mainittuihin sovel-

luskohteisiin rajoittunut, vaan keksinnön mukaista menetelmää ja amplitu-

disäädintä voidaan soveltaa hyvin moninaisesti ratkaisuissa, joissa on tarpeen säätää radiotaajuisen signaalin amplitudia.

Keksinnöllä saavutetaan merkittävä etu tunnettuun tekniikkaan ver-

10 rattuna siinä, että keksinnön mukainen ratkaisu sietää säätövastuksissa olevaa mahdollista resistanssipoikkeamaa, kuten esimerkiksi lämpötilasta johtuvaa poikkeamaa, huomattavan hyvin. Keksinnössä ulostulosignaalin amplitudi riip-

puu säätövastuksien resistanssien keskinäisestä suhteesta, ei niiden absoluut-

tiarvoista. Lopputuloksena saadaan optimaalisesti ja tarkasti säädettävissä

15 oleva ulostulosignaali.

Kuvioluettelo

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yh-

teydessä viitaten oheisiin kuvioihin, joissa

- 20 kuvio 1 esittää menetelmän erästä suoritusmuotoa,
- kuvio 2 havainnollistaa vektorisäätimen erästä käyttökohdetta,
- kuvio 3 esittää IQ-modulaattorin perusrakennetta,
- kuvio 4A havainnollistaa IQ-modulaatiokoordinaatistoa,
- kuvio 4B esittää signaalia ennen jakoa osasignaaleihin,
- kuvio 4C kuvaa muodostettuja osasignaaleja,
- 25 kuvio 4D esittää amplitudiltaan säädettyjä osasignaaleja,
- kuvio 4E kuvaa signaalia osasignaalien summauksen jälkeen,
- kuvio 5 esittää laiteratkaisun erästä suoritusmuotoa,
- kuvio 6 esittää laiteratkaisun toista suoritusmuotoa,
- kuvio 7 esittää vaihe-eron toteuttamisen yhtä suoritusmuotoa,
- 30 kuvio 8 havainnollistaa vaihe-eron toteuttamisen toista suoritusmuo-
- toa, ja
- kuvio 9 kuvaa laiteratkaisun vielä yhtä suoritusmuotoa.

Suoritusmuotojen kuvaus

Keksintöä selostetaan seuraavaksi eräiden suoritusmuotojen avulla

35 viitaten oheisiin kuvioihin.

Kuviossa 1 on kuvattu menetelmän eräs suoritusmuoto. Menetelmä alkaa vaiheesta 100, jolloin radiotaajuuden signaalin vaiheeseen ja/tai amplitudiin aletaan tehdä muutoksia. Menetelmävaiheessa 102 radiotaajuinen signaali jaetaan I- ja Q-komponentteihin. I-komponentilla tarkoitetaan vaiheistamatonta (in phase) komponenttia ja Q-komponentti on I-komponenttiin nähden esimerkiksi 90 astetta vaihesiirretty signaali. Askeleesta 102 edetään askeleisiin 104 ja 114, joista alkaen I- ja Q-signaalikomponentteja käsitellään erikseen. Tarkastellaan lähemmin I-signaalikomponentille tehtäviä toimenpiteitä vaiheiden 104-110 avulla. Q-komponentille tehtävät vaiheiden 114-120 kuvaamat toimenpiteet ovat I-signaaliin kohdistuvia vaiheita vastaavia.

Menetelmäaskeleessa 104 I-signaalihaara jaetaan kahteen osasignaaliin. Käytännössä kahteen osasignaaliin jakaminen voidaan tehdä esimerkiksi Wilkinson-tehonjakajalla, jossa sisääntuloteho jakautuu tasan ulosmenoporttien kesken. Vaiheessa 104 muodostetuille osasignaaleille muodostetaan vaiheessa 106 vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero. Vaihe-ero osasignaalien välillä voi olla tarkalleen 180 astetta mutta sitä voidaan tarkoituksella siirtää jonkin verran toteutuksesta riippuen. Vaihe-ero voi myös luonnollisesti poiketa jonkin verran 180 asteesta johtuen käytettävien komponenttien aiheuttamasta virheestä.

Vaiheessa 108 säädetään vastakkaisvaiheisten osasignaalien amplitudeja. Amplitudiin säätäminen voidaan tehdä yhteisellä ohjauksella, jolloin voidaan säätää osasignaalien amplitudiin suhde halutuksi.

On huomattava, että menetelmävaiheiden 106 ja 108 järjestys voi käytännön toteutuksessa myös poiketa kuvion 1 esityksestä. Eli ratkaisu voidaan toteuttaa myös siten, että ensin säädetään osasignaalien amplitudeja, jonka jälkeen toiseen amplitudiltaan säädettyyn signaaliin muodostetaan haluttu vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero tai amplitudi- ja vaihe-eromuutoksia voidaan tehdä useassa vaiheessa ja eri järjestyksissä.

Vaiheessa 110 osasignaalit summataan amplitudisäädön ulostulosignaaliksi. Signaalien summauksessa vastakkaisvaiheiset signaalit vaimentavat toisiaan, jolloin summauksesta lähtee käytännössä eteenpäin osasignaalien erotussignaali. Vaiheessa 122 I- ja Q-signaalikomponentit summataan, jolloin saadaan radiotielle lähetettävä signaali.

Kuvio 2 havainnollistaa lineaarivahvistinta, jossa säädetään radiotaajuuden signaalin amplitudia ja vaihetta. Kuvion kytkentä esittää niin sanottua feedforward-vahvistinkytkentää, jonka tarkoituksena on poistaa päävahvisti-

men 202 särö eli vahvistuksessa muodostuva virhesignaali. Kytkenässä sisääntulosignaali P_{IN} jaetaan aluksi kahteen signaalitiehen, joista toinen ohjataan päähaarassa olevalle vektorisäätimelle 200 ja toinen sivuhaarassa olevalle summaimelle 204. Summaimelle 204 ohjataan siis päävahvistimella 202 vahvistettu signaali ja alkuperäinen sisääntulosignaali P_{IN} . Vektrosäätimen 200 tehtävänä on säätää päävahvistinhaaran amplitudia ja vaihetta siten, että summaimen 204 tuloissa olevat hyötysignaalikomponentit ovat amplitudiltaan yhtäsuuria mutta vastakkaisvaiheisia. Näin summaimessa 204 hyötysignaali kumoutuu ja vain päävahvistimen 202 aiheuttama särö lähtee summaimen 204 ulostulona. Lähtösummaimelle 210 saadaan sisääntuloina puolestaan päävahvistimella 202 vahvistettu signaali ja summaimen 204 ulostulona saatava päävahvistimen aiheuttama särö. Särövahvistinhaarassa särösignaalin amplitudia ja vaihetta säädetään vektorisäätimellä 206 siten, että lähtösummaimen 210 sisääntuloissa pääsignaalihaaran ja särösignaalihaaran särösignaalikomponentit ovat amplitudiltaan yhtäsuuria mutta vastakkaisvaiheisia. Näin lähtösummaimessa 210 särökomponentit kumoutuvat, ja vain päävahvistimelta 202 lähtevä puhdas signaaliosa P_{OUT} pääsee lähtösummaimen 210 lähtöön.

Kuviossa 3 kuvataan vektorimodulaattori eli eräs laiteratkaisu amplitudi- ja vaihesiirron mahdollistavan vektorisäätimen toteuttamiseksi. Vektorisäätimen sisääntulosignaali P_{IN} jaetaan aluksi tehonjakajalla 300 kahteen erivaiheiseen signaalikomponenttiin, joista I-komponentti on vaihesiirtämätön eli vaihesiirto on 0 astetta, ja Q-komponentti on kuvion 3 esimerkissä 90 astetta vaihesiirretty. Signaalikomponentit ohjataan omille amplitudisäätimilleen 302 ja 304 ja amplitudisäädetyt signaalikomponentit yhdistetään lähtösummaimessa 306 ulostulosignaalin P_{OUT} muodostamiseksi.

Kuvio 4A havainnollistaa IQ-koordinaatiston avulla signaalin amplitudin ja vaiheen muuttamista. IQ-koordinaatistossa signaalin amplitudi on nähtävissä signaalivektorin pituuden avulla ja signaalin vaiheen osoittaa kulma positiiviseen I-akseliin nähden. Koordinaatiston I-akselin suuntainen vektori 400 osoittaa kuviossa 3 amplitudisäätimen 302 säädön suuruutta. Esimerkiksi, kun I-haaran amplitudisäädin 302 on säädetty maksimiinsa, koordinaatiston I-akselin signaalivektori 400 osoittaa I-akselin suuntaan ympyrän tai neliön kehälle saakka. Kun signaalin amplitudiohjausta pienennetään eli signaalin vaimennusta lisätään, I-akselin suuntainen vektori lyhenee ja minimissään ollessaan pienenee I-akselin nollapisteeseen asti. Pienennettäessä ohjausta edelleen I-akselin suuntainen vektori vaihtaa suuntaansa, jolloin siis vektorin vai-

hekulma on -180 astetta. I-akselin negatiivisella puolella amplitudi voi vastaavasti kasvaa maksimiinsa ympyrän tai neliön kehälle saakka.

Vastaavasti Q-signaalikomponenttia 402 voidaan säätää kuvion 3 amplitudisäätimellä 304 Q-akselin suunnassa sekä positiivisella että negatiivisella akselin osalla. Modulaattorin lähtösummaimessa 306 I-vektori 400 ja Q-vektori 402 summautuvat, ja lähtöön saadaan signaalivektori 404, joka voi olla neliön sisällä missä tahansa vaihekulmassa ja minkä tahansa pituisena. Yleensä säätöön käytetään kuitenkin vain ympyrän sisällä olevaa aluetta.

Kuvion 4B kuvaaja 410 esittää tiettyä signaalikomponenttia, kuten esimerkiksi IQ-modulaation I-tai Q-signaalikomponenttia. Koordinaatistossa x-akseli kuvaa signaalin vaihetta ja y-akseli signaalin amplitudia. Kuvio 4C kuvaa tilannetta, jolloin kuvion 4B signaalikomponentti 410A on jaettu kahteen vastakkaisvaiheiseen osasignaaliin 412A, 414A. Nähdään, että signaalikomponentin 410A teho on jakautunut tasan osasignaalien 412A, 414A välille.

Kuvio 4D havainnollistaa tilannetta, jolloin osasignaaleihin 412A ja 414A on kohdistettu amplitudin säätöä ja on saatu osasignaalit 412B ja 414B. Osasignaalia 412B on vahvistettu osasignaaliin 412A nähden ja osasignaalia 414B on vaimennettu osasignaaliin 414A nähden, eli osasignaaleja 412B, 414B on säädetty käänteisesti toisiinsa nähden. Kuvion 4D tilanteeseen voitaisiin myös päätyä siten, että osasignaalit 412A, 414A vahvistettaisiin amplitudiltaan alkuperäisen signaalikomponentin 410A vahvuiseksi, jonka jälkeen niihin tarvitsee ainoastaan kohdistaa vaimennusta.

Kuvio 4E esittää signaalikomponenttia 410B, joka muodostuu kuvion 4D osasignaalit 412B, 414B summaamalla. Maksimiampitudiarvoon, joka on puolet kuvion 4B kuvaaman alkuperäisen säätämättömän signaalin 410A amplitudista, on näin ollen päädytty säätämällä osasignaaleja erikseen.

Kuviossa 5 on esitetty kuvion 3 amplitudisäätimen 302 eräs suoritustumuoto. Kuvion 3 amplitudisäädin 304 voidaan toteuttaa vastaavalla tavalla kuin seuraavaksi tarkemmin kuvattava amplitudisäädin 302. Amplitudisäätimen 302 sisääntulosignaali P_{IN} jaetaan tehojakajassa 302A signaalipariin eli kahteen erilliseen ja keskenään vastakkaisvaiheiseen osasignaaliin eli signaalihaaraan. Tehonjakaja 302A on esitetty tässä vain yhtenä toteutusvaihtoehtona. Sisääntulotehon jakaminen voidaan toteuttaa myös ilman tehonjakajaa siten, että signaalilinja jaetaan suoraan kahteen haaraan, jolloin signaalin teho jakautuu kahteen osaan. Osasignaaliareja voi olla useampiakin kuin kuviossa 5 esitetty yksi pari, kuitenkin siten, että kukin osasignaali pari käsittää kaksi

vastakkaisvaiheista osasignaalia. Käytettävä tehojakaja 302A on esimerkiksi Wilkinson-tehojakaja, jossa sisääntuloteho jaetaan tasan ulostulosignaalien kesken. Kuvion 5 mukaisessa ratkaisussa ensimmäiseen osasignaaliin kohdistetaan vaiheenkääntö eli noin 180 asteen vaihesiirto vaiheenkääntövälineellä 5 302B. Vaiheenkääntö voidaan toteuttaa esimerkiksi kääntävällä vahvistimella, muuntajalla, $\lambda/2$:n mittaisella siirtolinjalla tai liuskarakenteella.

Kuvion 5 mukaiset amplitudin säätövälineet käsittävät ohjausyksikön 302F, ensimmäisen amplitudin säätövälineen 302C ja toisen amplitudin säätövälineen 302D. Vaiheenkääntövälineen 302B läpäissyt ensimmäinen osasignaali ohjataan ensimmäiselle amplitudin säätövälineelle 302C ja toinen osasignaali ohjataan toiselle amplitudin säätövälineelle 302D. Säätövälineet 302C, 302D voivat olla esimerkiksi säädettäviä vastuksia. Säätövälineille 302C, 302D on kuvion 5 ratkaisussa järjestetty yhteinen ohjaus ohjausyksiköstä 302F. Yhteisohjauksella säätövälineiden 302C, 302D säädön suhdetta voidaan säätää halutuksi siten, että summaimesta 302E saatava ulostulo P_{OUT} on haluttu. Yhteisohjauksen sijaan, eräässä suoritusmuodossa amplitudin säätövälineet on konfiguroitu säätämään osasignaalien amplitudeja toisiinsa nähden erillisillä ohjauksilla ohjausyksiköstä 302F käsin. Ohjaus voidaan eräässä suoritusmuodossa järjestää siten, että amplitudin säätövälineet säätävät osasignaalien amplitudeja käänteisesti toisiinsa nähden. Vaikka kuviossa 5 onkin kuvattu erillinen summainväline 302E, käytännössä osasignaalien yhdistäminen voidaan yksinkertaisimmillaan toteuttaa osasignaalinjat yhdistämällä.

Eräässä toteutusmuodossa säätövälineiden 302C, 302D resistansseja säädetään yhtäsuuruustilasta vastakkaisesti siten, että säätövälineen 302C resistanssi on esimerkiksi $Z_0 \cdot K$ ja säätövälineen 302D resistanssi on Z_0/K , missä Z_0 tarkoittaa resistanssiarvoa, jolla saadaan optimisovitus säätimen lähtöporttiin ja kerroin K tarkoittaa säätövälineiden vaimennusta kuvaavaa suuretta. Säätövälineiden 302C, 302D resistanssien geometrinen keskiarvo on tällöin siis Z_0 . Ohjausvälineillä 302F siis ohjataan vaimennussuureen K arvoa. K :n arvolla 1 osasignaalit kohtaavat keskenään samantasaisen vaimennuksen, K :n arvolla $K > 1$ ylempään osasignaaliin kohdistuu suurempi vaimennus ja K :n arvolla $K < 1$ alempi osasignaali joutuu suuremman vaimennuksen kohteeksi. Kuvion 5 mukaisella ratkaisulla saavutetaan se etu, että muodostuvan summasignaalin amplitudi riippuu käytännössä vain säätövastuksien keskinäisestä suhteesta, eikä niiden absoluuttiarvoista. Vaikka edellä kuviossa 5 on kuvattu, että vaiheenkääntö on signaalihaarassa sijoitettu ennen amplitudinsäätöä, lait-

teistototeutus ei ole rajoittunut siihen, vaan vaiheenkääntö voi olla missä tahansa kohdassa osasignaalihaaraa, kunhan se vain toteuttaa halutun vastakkaisvaiheen suuruisen vaihe-eron signaalille tehonjakopisteen ja summauspisteen välillä.

5 Kuviossa 6 esitetään amplitudisäätimen toinen suoritusmuoto. Kuvion 5 tehonjakaja 302A ja vaiheenkääntöväline 302B on kuvion 6 mukaisessa ratkaisussa toteutettu muuntajarakenteena 600. Muuntajarakenteen 600 muuntosuhteet valitaan siten, että muuntosuhteet ensiökäämistä L1 toisiokäämeihin L2 ja L3 ovat yhtä suuret mutta tarjoavat vastakkaisen signaalivaiheen
10 vastuksien 302C ja 302D tuloihin. Mikäli muuntosuhde on yksi, tällöin tulo- ja lähtöimpedanssit ovat yhtä suuret, edullinen säätövastuksen impedanssi on ensimmäisessä haarassa $Z_0 \cdot K$ ja toisessa Z_0/K , missä K on säädinvälineen vaimennusta vastaava kerroin. Edellä $K > 1$ -tapaus esittää IQ-koordinaatiston positiivisia akselinosia ja $K < 1$ -tapaus koordinaatiston negatiivisia akselinosia,
15 joissa eri akselinosia edustavat signaalit ovat toisiinsa 180 asteen vaihe-siirrossa. Arvolla $K = 1$ ollaan koordinaatiston keskipisteessä, ja vaimennus on ääretön. Kuviossa 6 on lisäksi esitetty osasignaalihaaroissa olevat tehovahvistimet 602, 604, joilla voidaan nostaa osasignaalien tehotaso halutuksi ennen säätövastuksilla 302C, 302D suoritettavaa vaimennusta.

20 Kuviossa 7 esitetään amplitudisäätimen 302B vielä yksi suoritusmuoto. Haluttu 180 asteen vaiheenkääntö on kuvion 7 ratkaisussa toteutettu vaiheenkääntövälineenä 302B, joka käsittää kaksi vastakkaissuuntaista vahvistinta. Kuvio 7 myös kuvaa, kuinka säätövastuksia 302C ja 302D ohjataan erillisillä ohjauksilla ohjausyksiköstä 302F käsin.

25 Kuviossa 8 on kuvattu toinen suoritusmuoto vaiheenkääntövälineiden 302B toteuttamiseksi. Vaiheenkääntö voidaan toteuttaa $\lambda/4$ -pituisella symmetrisellä siirtojohtorakenteella, jonka muodostavat johtimet 804 ja 806. Johtimet 804 ja 806 on kytketty ristikkäin keskellä linjaa 808. Kuvion 8 rakenne toteuttaa 180 asteen vaihekäännön $\lambda/4$ -siirtojohtoon verrattuna. Tasavirralla
30 portit 800, 802 ovat oikosulussa maahan keskikohdan ristikytken 808 takia, mutta taajuuden kasvaessa siirtojohtoon keskitaajuudelle ristikytken 808 epäsovitusvaikutus katoaa kokonaan sopivalla rakenteen mitoituksella. Lisäksi keskitaajuuden ympäristössä $\lambda/4$ -kompensointiominaisuus kumoaa ristikytkenästä johtuvia muita epäsovituksia.

35 Kuvion 8 kytkennän toteuttamisessa voidaan käyttää vaihe-eron muodostamisvälineenä siirtojohtoparia, jonka siirtojohtoparin ensimmäinen

siirtojohto käsittää johtimet 804, 806 ja toinen siirtojohto käsittää johtimet 810, 812. Ensimmäisen siirtojohdon ja toisen siirtojohdon johtimet on kytketty ristiin kytkentäpisteessä 808 270° vaiheensiirron muodostamiseksi osasignaaliille.

Kuvion 8 mukainen ratkaisu voidaan toteuttaa käyttämällä piirilevyn eri kerroksille tehtyjä siirtojohtoja. Monikerrospiirilevyn tapauksessa siirtojohdon ensimmäinen johdin voidaan pitää piirilevyn pintakerroksella ja toinen johdin jollakin toisella kerroksella. Symmetrisen rakenteen saamiseksi siirtojohtojen johtimet kytketään ristiin keskellä linjan sähköistä pituusakselia. Laajakais-
 5 taisimman toteutuksen saamiseksi voidaan käyttää rakennetta, jossa johtimien ominaisimpedanssit ympäröivään maahan nähden ovat mahdollisimman suu-
 10 ret. Kuvion 8 ratkaisussa siirtojohtoina voidaan käyttää liuskajohtoja, koaksiaali-
 likaapeleita tai muita siirtojohtorakenteita.

Kuvion 9 kytkennässä signaali jaetaan tuloportissa epäsymmetrisesti siten, että haaran molempia säätökomponentteja ohjataan samalla tavalla.
 15 Kuvion 9 kuvaamassa suoritusmuodossa säädettävänä vastuksina on käytetty PIN-diodeja 900, 902, 916 ja 918. Kytkennässä amplitudisäätimen vaimennus perustuu jakopisteissä olevien vastuksien keskinäiseen suhteeseen eli kuvion 9 tapauksessa vastuksien 900 ja 902 keskinäiseen suhteeseen ja vastuksien 916, 918 keskinäiseen suhteeseen. Näin ollen vaimennus ei ole säätövastuk-
 20 sien absoluuttisen vastusarvon funktio kuten tunnetun tekniikan mukaisessa jakajasäätimessä vaan jakopisteen diodien, kuten 900 ja 902 keskinäisen suhteen funktio. Erityisesti käytettäessä samoissa koteloissa 903, 920 olevia kak-
 sikkodiodeja päästään vaimennusominaisuuksissa hyvään tarkkuuteen, koska diodit 900, 902 ja vastaavasti diodit 916, 918 ovat mahdollisimman samanlai-
 25 sia, ja ne ovat käyttötilanteessa samoissa ympäristöolosuhteissa. Säätötilanteessa diodeja 900 ja 916 ohjataan samalla tavalla eli molemmille tulee ohjausyksiköstä 302F saman suuruinen ohjausjännite U_1 ja vastaavasti diodeja 902 ja 918 ohjataan samansuuruisilla ohjausjännitteillä U_2 .

Kytkenässä on kumpaankin osasignaalihaaraan sijoitettu 90° (tai $\lambda/4$ -pituisen) vaiheensiirtoväline 908 ja 910. Vaiheensiirtovälineiden 908, 910 tehtävänä on poistaa signaalihaaran säädindiodien ja kondensaattoreiden epäideaalisuuksia. Kytkennän kondensaattorit 904, 906, 912 ja 914 ovat DC-
 30 erotuskondensaattoreita, joilla erotetaan diodien ohjausjännitteet muusta kytkennästä. Vaiheensiirtovälineet voidaan toteuttaa esim. $\lambda/4$ -pituisilla siirtolinjoilla, erilliskomponenteilla tai yhdistelmärakenteilla. Koska saman haaran diodit,

kuten esimerkiksi 900 ja 916, ovat $\lambda/4 + n\lambda/2$ tai $90^\circ + n \cdot 180^\circ$ ($n=0,1,2,3,\dots$) etäisyydellä toisistaan, niiden välissä olevat epäideaalisuudet, mukaan lukien diodien 900, 916 sisäiset hajasuureet kumoutuvat kytkennässä. Samoin kumoutuu varsinkin pienillä vaimennusarvoilla diodien geometrisen keskiarvon
 5 poikkeama Z_0 :sta.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä radiotaajuisen signaalin amplitudin säätämiseksi, tunnettu siitä, että:

5 jaetaan (104, 114) amplitudin säätöön otettava sisääntulosignaali yhteen tai useampaan signaalipariin, joista signaalipareista kukin käsittää kaksi amplitudiltaan yhtäsuurta osasignaalia;

muodostetaan (106, 116) kunkin signaaliparin osasignaalien välille vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero;

10 säädetään (108, 118) kunkin signaaliparin osasignaalien amplitudeja käyttäen säätöä ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suuruutta, ja

summataan (110, 120) amplitudiltaan säädetyt osasignaalit ulostulosignaaliksi.

15 2. Menetelmä radiotaajuisen signaalin amplitudin säätämiseksi, tunnettu siitä, että:

jaetaan (104, 114) amplitudin säätöön otettava sisääntulosignaali yhteen tai useampaan signaalipariin, ja jaetaan signaaliparin sisääntulosignaali painotetusti kahteen osasignaaliin;

20 muodostetaan (106, 116) kunkin signaaliparin osasignaalien välille vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero;

säädetään (108, 118) kunkin signaaliparin osasignaalien amplitudeja käyttäen säätöä ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suuruutta, ja

25 summataan (110, 120) amplitudiltaan säädetyt osasignaalit ulostulosignaaliksi.

3. Amplitudisäädin radiotaajuisen signaalin amplitudin säätämiseksi, tunnettu siitä, että amplitudisäädin käsittää:

30 välineet jakaa (302A) amplitudisäädön sisääntulosignaali yhteen tai useampaan signaalipariin, joista signaalipareista kukin käsittää kaksi osasignaalia;

wälineet muodostaa (302B) kunkin signaaliparin osasignaalien välille vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero;

35 välineet säätää (302C, 302D, 302F) kunkin signaaliparin osasignaalien amplitudeja käyttäen säätöä ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suuruutta, ja

välineet summata (302E) vastakkaisvaiheiset ja amplitudiltaan säädetyt osasignaalit ulostulosignaaliksi.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että signaalin jakovälineet on konfiguroitu jakamaan signaalin kahteen eri signaalitietä etenevään osasignaaliin.

5. Patenttivaatimuksen 3 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että amplitudin säätövälineet käsittää säätövastuksen kutakin signaaliparin osasignaalia kohti.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että osasignaali siirretään amplitudisäätimessä säätövastuksen läpi.

7. Patenttivaatimuksen 3 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että sisääntulosignaalin jakovälineet ja vaihe-eron muodostamisvälineet käsittää:

ensiökäämin;

15 lähtökelaan induktiivisessa yhteydessä olevan ensimmäisen toisiokäämin;

lähtökelaan induktiivisessa yhteydessä olevan toisen toisiokäämin,

ja

20 joiden ensimmäisen toisiokäämin ja toisen toisiokäämin polariteetit ovat vastakkaiset vastakkaisvaiheisten osasignaalien muodostamiseksi.

8. Patenttivaatimuksen 3 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että vaihe-eron muodostamisvälineet käsittää signaalin aallonpituuteen verrattuna yhteensä 90° pituisen sarjaan kytketyn siirtojohtoparin, jonka siirtojohtoparin johtimet on kytketty ristiin 270° vaiheensiirron muodostamiseksi osasignaalille.

9. Patenttivaatimuksen 3 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että amplitudin säätövälineet käsittää kaksikkodiodin, ja kaksikkodiodiin kuuluu diodi signaaliparin kumpaakin osasignaalia varten osasignaalin amplitudin säätämiseksi.

30 10. Patenttivaatimuksen 3 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että vaihe-eron muodostamisvälineet käsittää ensimmäistä osasignaalia vahvistavan ensimmäisen vahvistimen ja toista osasignaalia vahvistavan toisen vahvistimen, ja ensimmäisen vahvistimen ja toisen vahvistimen vahvistukset ovat keskenään vastakkaiset.

35 11. Patenttivaatimuksen 3 mukainen amplitudisäädin, tunnettu siitä, että amplitudin säätövälineet käsittää ensimmäisen säätövälineparin, joka

käsittää säätövälineen signaaliparin kumpaakin osasignaalia varten, ja amplitudin säätövälineet käsittää toisen säätövälineparin, joka käsittää säätövälineen kumpaakin osasignaalia varten, ja säätövälineparien säätövälineitä säädetään keskenään vastakkaisilla ohjauksilla.

5 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen amplitudisäädin, t u n n e t t u siitä, että amplitudin ensimmäinen ja toinen säätövälinepari on asetettu osasignaalihaarassa toisistaan $\lambda/4 + n \cdot \lambda/2$ tai $90^\circ + n \cdot 180^\circ$ etäisyydelle ($n=0,1,2,3\dots$) säätövälineiden epäideaalisuuksien kumoamiseksi.

10 13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen amplitudisäädin, t u n n e t - t u siitä, että ainakin toinen amplitudin säätövälinepari on säätövastuspari, jonka vastukset on kytketty suoraan yhteen signaalin jakamiseksi osasignaaleihin tai osasignaalien summaamiseksi säätimen lähtösignaaliksi.

15 14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen amplitudisäädin, t u n n e t - t u siitä, että ensimmäisen säätövälineparin ja toisen säätövälineparin niitä säätövälineitä, jotka kohdistuvat samaan signaaliin, säädetään samalla ohjauksella.

(57) Tiivistelmä

Amplitudisäädin radiotaajuisen signaalin amplitudin säätämiseksi, joka amplitudisäädin käsittää välineet jakaa (302A) amplitudisäädön sisääntulosignaali yhteen tai useampaan signaalipariin, joista signaalipareista kukin käsittää kaksi osasignaalia, välineet muodostaa (302B) kunkin signaaliparin osasignaalien välille vastakkaisvaiheen suuruinen vaihe-ero, välineet säätää (302C, 302D, 302F) kunkin signaaliparin osasignaalien amplitudeja käyttäen säätöä ohjaavana tekijänä osasignaalien amplitudien keskinäistä suhdetta, ja välineet summata (302E) vastakkaisvaiheiset ja amplitudiltaan säädetyt osasignaalit ulostulosignaaliksi.

(Kuvio 9)

24

1/5

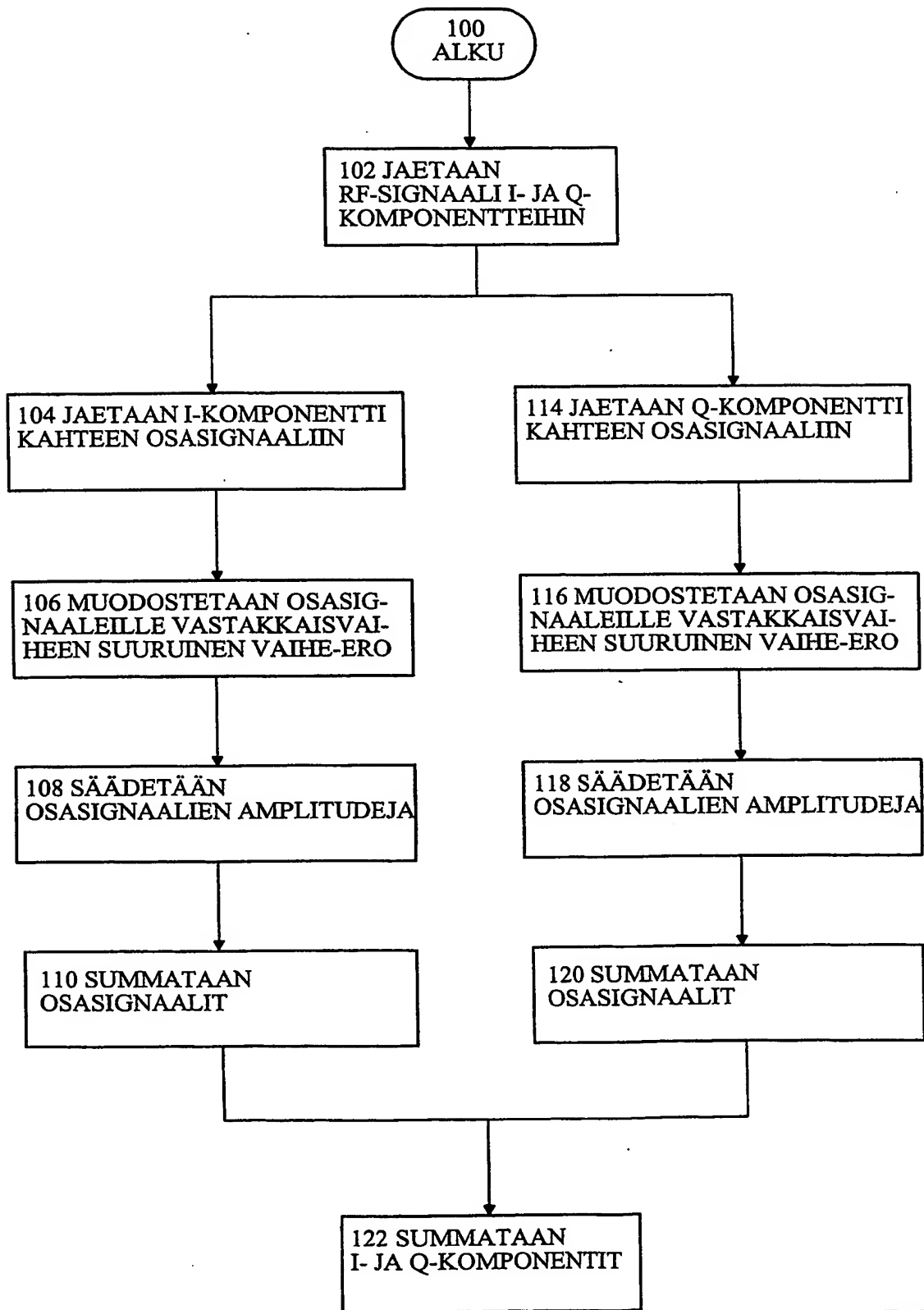


FIG. 1

24

2/5

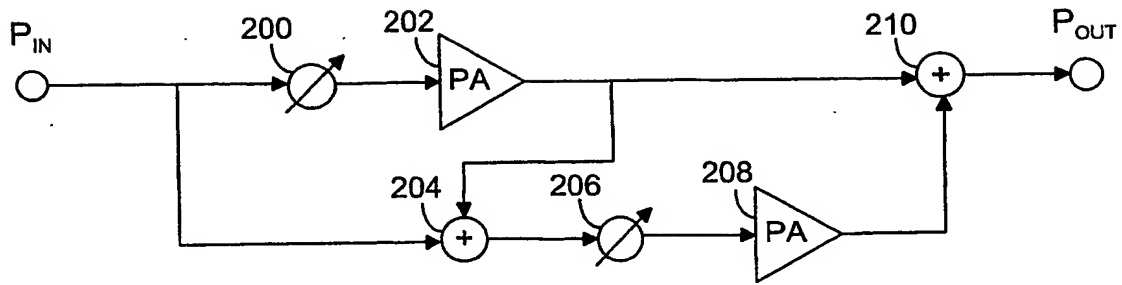


FIG. 2

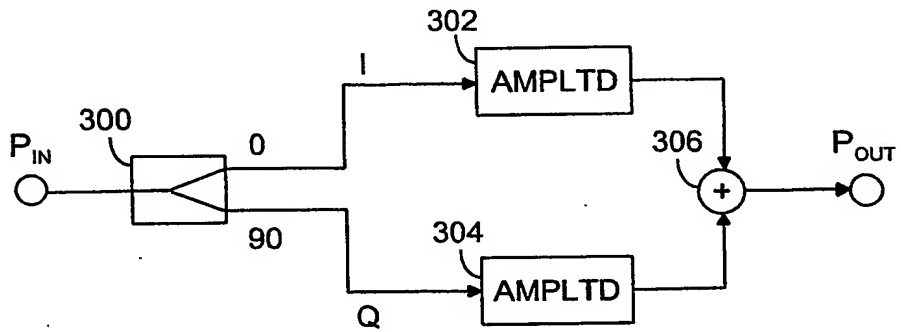


FIG. 3

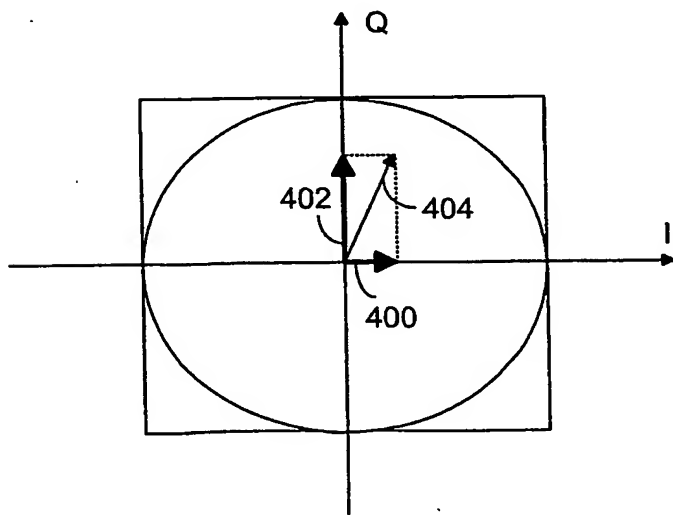


FIG. 4A

LY

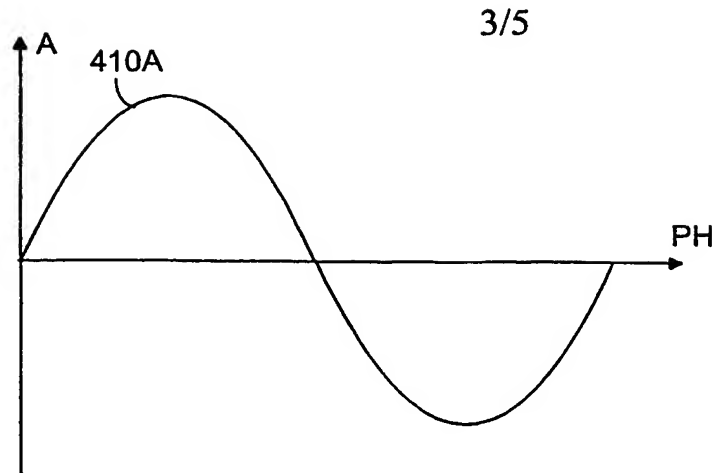


FIG. 4B

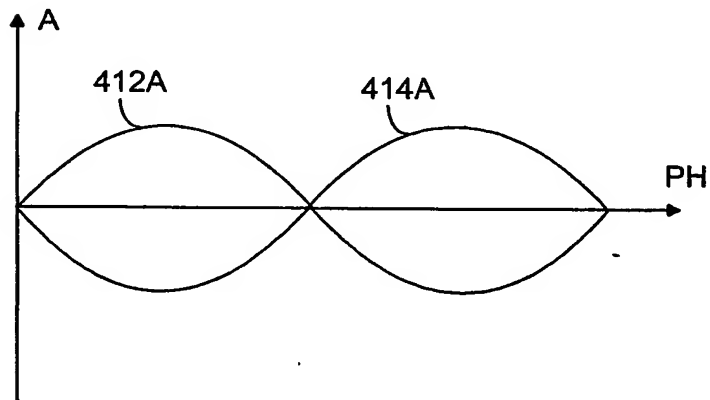


FIG. 4C

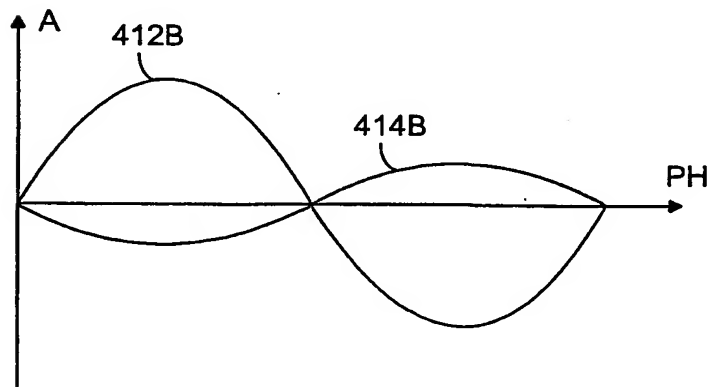


FIG. 4D

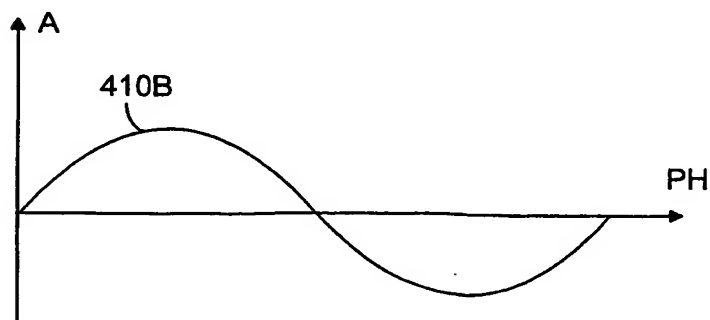


FIG. 4E

LV

4/5

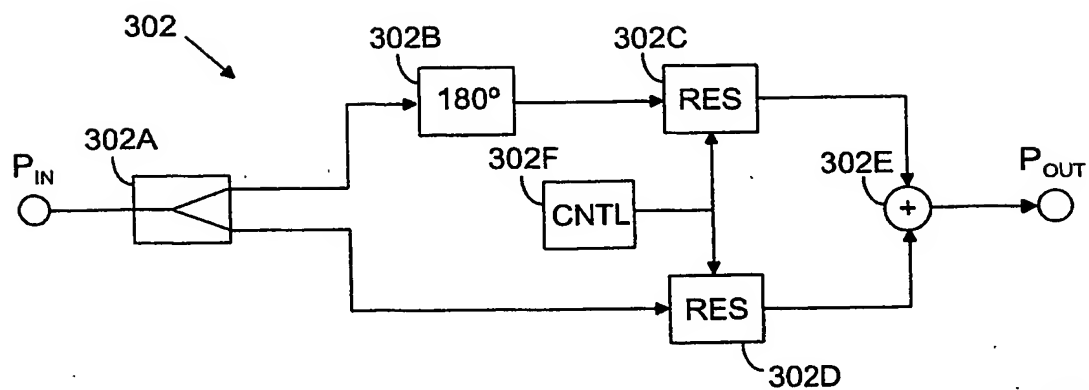


FIG. 5

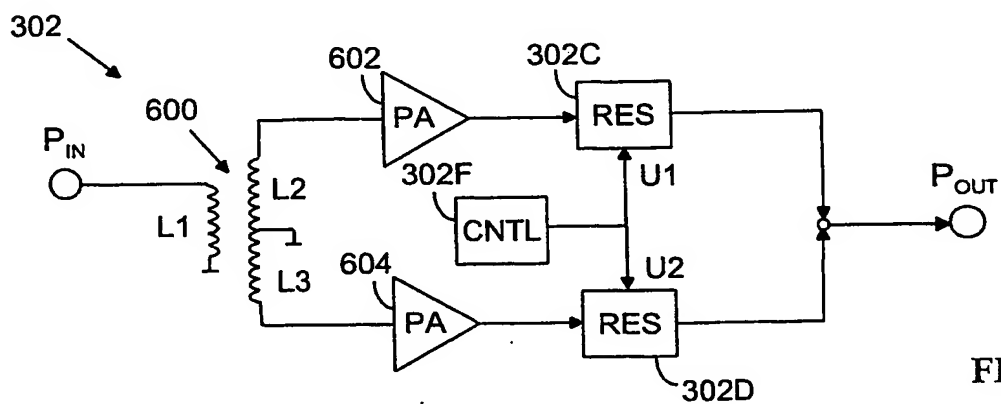


FIG. 6

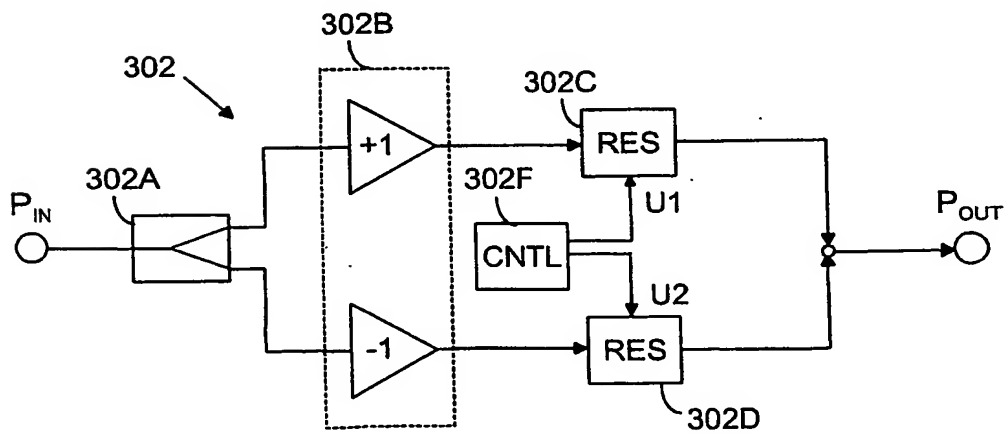


FIG. 7

L4

5/5

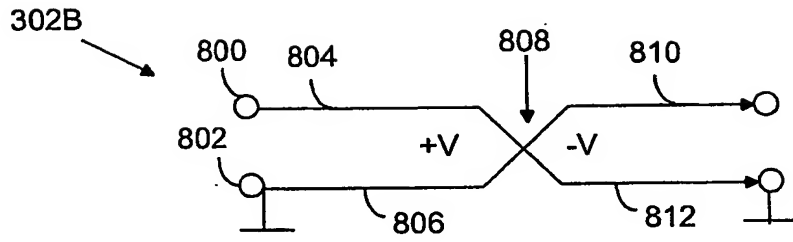


FIG. 8

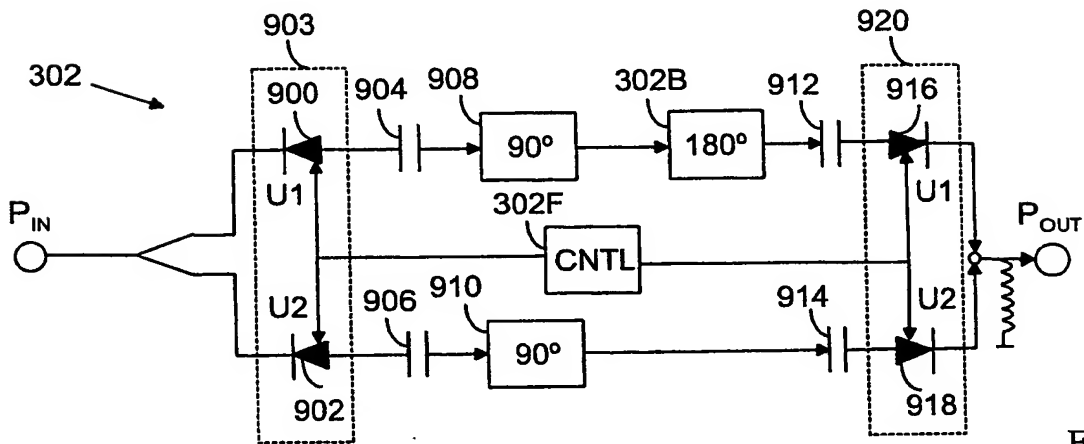


FIG. 9